www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasia.htm Caldasia 29(1):177-194. 2007

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LOS COLEÓPTEROS ACUÁTICOS EN LA CUENCA DEL RÍO COELLO (TOLIMA, COLOMBIA)

Spatial and temporal distribution of the water beetles in the Coello River Basin (Tolima, Colombia)

Diego Mauricio Arias-Díaz
Gladys Reinoso-Flórez
Grupo de Investigación en Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Altos de Santa Elena. Apartado 546. Ibagué, Colombia. glareinoso1@hotmail.com

Giovany Guevara-Cardona
Grupo de Investigación en Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Altos de Santa Elena. Apartado 546. Ibagué, Colombia. giovanyguevara@uach.cl
Instituto de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia-Chile. Casilla 567.

Francisco Antonio Villa-Navarro
Grupo de Investigación en Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Altos de Santa Elena. Apartado 546. Ibagué, Colombia.

RESUMEN

En marzo, mayo, julio-agosto y septiembre de 2003 se realizó el estudio de la composición y la dinámica espacio-temporal de los coleópteros acuáticos en la cuenca del río Coello. Se colectó un total de 3071 individuos correspondientes a dos subórdenes, diez familias y 27 géneros. Se registran por primera vez para el Tolima y Colombia, los géneros *Oulimnius* y *Gonielmis* (Elmidae). Los géneros *Copelatus*, *Andogyrus*, *Hexacylloepus*, *Hexanchorus*, *Neocylloepus*, *Promoresia*, *Pseudodisersus*, *Scirtes*, *Prionocyphon*, *Dryops*, *Pelonomus* y *Tetraglosa* constituyen nuevos registros para el departamento del Tolima. La familia Elmidae fue la más abundante (92,91%) y diversa con 14 géneros, mientras que Dytiscidae y Lampyridae fueron las menos diversas y abundantes con un género y dos organismos cada una. Los géneros más representativos en términos de abundancia fueron *Microcylloepus, Heterelmis, Cylloepus*, *Phanocerus, Tetraglosa* y *Psephenops.* Los géneros con menor rango de distribución altitudinal y espacial a lo largo de la cuenca fueron *Scirtes, Berosus* y *Copelatus*. La estación RCOP (1275 msnm) presentó la mayor abundancia relativa (24,35%), mientras que las estaciones RBA (1820 m) y RAB (1778 m) registraron el menor número de organismos (0,06% cada una). En marzo, periodo de transición a lluvias, se registró la mayor abundancia relativa (46,20%), mientras que mayo, período de lluvias, presentó la menor abundancia (14,62%). El análisis de correlación mostró que las variables físicas y químicas individuales no influyen significativamente en la estructura de la comunidad de coleópteros. Sin embargo, se encontró que a bajos niveles de oxígeno disuelto, la diversidad y la abundancia de los coleópteros acuáticos disminuye notablemente.

Palabras clave. Coleoptera, Colombia, Diversidad, Insectos acuáticos, Coello, Macroinvertebrados.

ABSTRACT

The composition and abundance of aquatic Coleoptera from the Coello River Basin (Tolima, Colombia) were recorded during March, May, July-August and September 2003. A total of 3071 specimens belonging to two suborders, ten families and 27 genera were collected. Genera such as *Copelatus*, *Andogyrus*, *Hexacylloepus*, *Hexanchorus*, *Neocylloepus*, *Promoresia*, *Pseudodisersus*, *Scirtes*, *Prionocyphon*, *Dryops*, *Pelonomus* y *Tetraglosa* are recorded for the Department of Tolima for the first time. Likewise, the genera *Oulimnius* and *Gonielmis* are recorded for Colombia and Tolima for the first time. The family Elmidae was the most abundant (92.91%) and diverse (14 taxa), while Dytiscidae and Lampyridae families were less abundant and diverse (1 genus and 2 specimens each). The most representative genera in terms of abundance throughout the basin were *Microcylloepus, Heterelmis, Cylloepus*, *Phanocerus, Tetraglosa* y *Psephenops.* The genera *Scirtes, Berosus* and *Copelatus* showed a narrow range of altitudinal and spatial distributions. The station RCOP (1275 m elevation) showed the highest relative abundance (24.35%), while RBA (1820 m) and RAB (1778 m) stations showed the lowest number of organisms (0.06%). During March, a period of transition to rain, the highest relative abundance was recorded; while in May, period of rain, the lowest abundance was observed. Physicochemical variables individually, did not have a significant influence on the community structure of the water beetles in the Coello River basin. However, with a low level of dissolved oxygen, both diversity and abundance were diminished.

Key words. Coleoptera, Colombia, Diversity, Aquatic insects, Coello River, Macroinvertebrates.

INTRODUCCIÓN

Coleoptera es el orden más diverso de la clase Insecta con aproximadamente 360000 especies descritas (Beutel & Pohl 2006), de las cuales existen más de 10000 especies acuáticas descritas a nivel mundial (Miserendino & Archangelsky 2006). Esta diversidad se debe en gran parte a que este grupo ocupa un amplio espectro de hábitats acuáticos y semi-acuáticos, que incluye áreas ripícolas, ecosistemas de aguas frías, de corrientes rápidas, salobres y aguas estancadas de estuarios y ciénagas (Margalef 1983, Richoux 1994, Merritt & Cummins 1996). Las adaptaciones a los diferentes ambientes acuáticos, zonas de transición (ribereñas) y zonas terrestres, incluyen varios aspectos morfológicos, fisiológicos y ontogenéticos (Richoux 1994, Jerez & Moroni 2006). Muchas familias se han adaptado a estos ambientes y al menos una fase del ciclo de vida se desarrolla en el agua (Jerez & Moroni 2006). Avances recientes en estudios sistemáticos, moleculares y de expansión faunística (Ribera *et al.* 2002, Beutel & Pohl 2006), han mostrado que los coleópteros acuáticos son un grupo muy heterogéneo a nivel mundial, que incluye familias agrupadas dentro del suborden Adephaga, con evolución hacia el ambiente acuático y constituyen una unidad monofilética, mientras que las familias incluidas en el suborden Polyphaga, con adaptaciones a ambientes acuáticos, constituyen diferentes linajes (Ribera *et al.* 2002) y su filogenia aún no está resuelta (Beutel & Pohl 2006).

A diferencia de otros insectos acuáticos (*e.g.,* tricópteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos) donde la larva (ninfa) se desarrolla en el medio acuático, los coleópteros cuentan con especies o familias de gran capacidad para colonizar ambientes acuáticos dulceacuícolas

en diferentes estados de desarrollo. Familias como Dytiscidae, Elmidae, Hydrophilidae y Gyrinidae son completamente acuáticas; Psephenidae y Ptylodactilidae sólo se desarrollan bajo el agua en su estadio larval y un último grupo está constituido por especies (*e.g., Helichus* spp.) que únicamente se desarrollan bajo el agua en el estado adulto (Roldán 1992). Según Archangelsky (2001), los coleópteros en general, tienen la capacidad de tolerar amplias variaciones en los niveles de oxígeno disuelto, por lo cual no son considerados como buenos indicadores de calidad de agua. No obstante, juegan un papel importante en las cadenas tróficas de ecosistemas acuáticos, ya que van desde el nivel de consumidor primario hasta el de descomponedor (Merritt & Cummins 1996).

Con más de 1900 especies descritas para América del Sur (Arce-Pérez 1995), se puede considerar a los coleópteros acuáticos como organismos de gran importancia ecológica para ecosistemas de agua dulce, donde han invadido tanto ambientes lóticos como lénticos. En Colombia, según Roldán (1988, 2003) los estudios sobre la diversidad y la ecología de los coleópteros acuáticos son escasos e incompletos, al igual que en aspectos taxonómicos. El mayor aporte sobre la diversidad de coleópteros acuáticos lo realizó Machado (1989) en el departamento de Antioquia quien evaluó su distribución en diferentes pisos altitudinales y en diferentes ecosistemas acuáticos (lóticos y lénticos) y registró 17 familias y 63 géneros, de los cuales diez están determinados a nivel de especie. Otros aportes incluyen los trabajos realizados por Ramírez & Roldán (1989), Martínez & Useche (1994), Sierra (1999), Zamora (2000), Londoño *et al*. (2001) y Rincón (2002). En el departamento del Tolima estos estudios son aún incipientes, donde sólo se conocen los de Reinoso (1999) y Carrillo (2002).

La escasa información disponible sobre taxonomía, diversidad y varios aspectos ecológicos de los coleópteros acuáticos en el departamento del Tolima, particularmente en la cuenca del río Coello motivaron el desarrollo del presente estudio, que tiene como objetivo establecer la distribución espacio-temporal y altitudinal de los coleópteros acuáticos en la cuenca y describir algunos aspectos ecológicos del orden, en una cuenca de los Andes tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio. La cuenca del río Coello está localizada entre los 4°17'08" Norte y los 74°35'36" Oeste en la parte central del departamento del Tolima, flanco derecho de la cordillera Central. La cuenca tiene un área de 189931 ha, una longitud de 111,6 km y su caudal aportado es de 23,2 m^3/s. Los afluentes de la cuenca incluyen los ríos Combeima, Gallego, Cocora, Bermellón, Anaime, Toche y Andes con varios arroyos y corrientes menores. El río Coello nace a los 4000 m y desemboca en el río Magdalena a 250 m de altitud, razón por la cual la cuenca presenta una gran diversidad de zonas de vida y diferentes aspectos relacionados con variación de la alteración como agricultura, ganadería, industria, extracción de material de arrastre, etc. (CORTOLIMA 1998, Villa-Navarro *et al*. 2003, Guevara *et al*. 2005).

Se establecieron 29 estaciones de muestreo ubicadas (aleatoriamente) en los distintos tributarios y sus afluentes, así como en el cauce principal del río Coello, desde los 250 m (RCD) hasta los 3533 m (RSAPV). Se llevaron a cabo colecciones en marzo, mayo, julio-agosto y septiembre de 2003. La ubicación de las estaciones (Fig. 1, Tabla 1), se definió según representatividad del área en términos de distancia e influencia de actividad antrópica y por la trama de caminos rurales que facilitaron el acceso a los puntos de muestreo.

Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en la cuenca del río Coello. Estaciones desde los 256 m (29) hasta 3533 msnm (1).

Tabla 1. Estaciones de muestreo seleccionadas para el estudio del orden Coleoptera en la cuenca del río Coello entre marzo y septiembre de 2003. R = Río; Q = Quebrada; N = Norte; O = Oeste.

Estaciones		Coordenadas	Altura (m)
RCD	Río Coello Desembocadura	4°17’31.8” N, 74°53’4.73” O	256
QP	Quebrada Potrerilla	4°16’57.9” N, 75°01’53.8” O	460
RCDR	R. Coello Distrito de Riego	4°16’50.3” N, 75°01’50.7” O	473
QB	Q. Barbona	4°17’35.5” N, 75°02’15.5” O	479
QG	Q. Gualanday	4°18’17.5” N, 75°02’0.01” O	520
RCC	R. Coello Caracolito	4°18’19.0” N, 75°05’56.4” O	576
RCR	R. Coello Rovira	4°17’56.4” N, 75°12’21.1” O	770
RA	R. Andes	4°17’25.4” N, 75°12’5.34” O	850
RCP	R. Coello Pueblo	4°23’52.8” N, 75°17’27.7” O	1145
RCCH	R. Combeima Chapetón	4°27’9.80” N, 75°15’58.1” O	1240
RCOP	R. Cocora Pueblo	4°23’41.8” N, 75°18’51.2” O	1275
QCB	Q. Cay Bajo	4°27’58.9” N, 75°15’48.2” O	1300
RCPE	R. Coello Peñaranda	4°25’22.4” N, 75°22’10.3” O	1388
RTPE	R. Toche Peñaranda	4°25’35.8” N, 75°22’18.0” O	1400
RBB	R. Bermellón Bajo	4°26’56.2” N, 75°24’43.5” O	1600
QCA	Q. Cay Alto	4°29’11.1” N, 75°15’10.0” O	1611
RCOL	R. Cocora Laureles	4°22’24.1” N, 75°22’01.1” O	1661
RAB	R. Anaime Bajo	4°25’10.3” N, 75°26’4.90” O	1778
RBA	R. Bermellón Alto	4°26’12.6” N, 75°27’26.2” O	1820
QLP	Q. Las Perlas	4°27’26.0” N, 75°15.0’56” O	1950
RCJ	R. Combeima Juntas	4°33’43.9” N, 75°19’33.2” O	1950
RCOD	R. Cocora Dantas	4°20’57.0” N, 75°24’33.3” O	2043
RAC	R. Anaime Carrizales	4°23’8.80” N, 75°30’45.1” O	2048
QCR	Q. Carrizales	4°23’11.7” N, 75°30’43.0” O	2052
QSJ	Q. San Juan	4°30’28.5” N, 75°23’46.9” O	2072
RTP	R. Toche Pueblo	4°32’10.4” N, 75°24’50.1” O	2073
QC	Q. Campoalegre	4°32’10.4” N, 75°24’50.1” O	2073
QLG	Q. La Guala	4°26’56.3” N, 75°31’33.7” O	2460
RSAPV	Reserva Semillas de Agua Páramo de Los Valles	4°15’23.5” N, 75°33’38.1” O	3533

La recolección de las larvas y los adultos se hizo con redes (Surber 900 cm^2, 500 µm; Red de dos palos, 500 µm, Red Triangular 500 µm), tamices e inspección siguiendo las recomendaciones de Needham & Needham (1982), Roldán (1988, 1992, 2003). En cada estación de muestreo se diligenció una ficha de campo con información cualitativa del ambiente, se evalúo una sección de quebrada o río de 100 m de longitud y todos los hábitats posibles (*i.e.,* fondo, vegetación ribereña, piedras, pozones, rápidos, acumulación de hojarasca, remoción de material leñoso grueso), que pueden ser colonizados por los coleópteros durante su ciclo de vida. Esto se realizó durante las cuatro campañas de muestreo, y los datos fueron cuantificados como esfuerzo total de captura. El material obtenido se dispuso en frascos plásticos y se fijó con alcohol al 80% para análisis posterior. En el laboratorio, tanto larvas como adultos, se determinaron hasta el nivel de género con un estereomicroscopio Olympus SZ40 y un microscopio Olympus CH30. Para la determinación taxonómica se realizaron transparentaciones, micropreparados del material colectado y se emplearon las claves y las descripciones de McCafferty (1981), Spangler & Santiago-Fragoso (1987, 1992), Roldán (1988, 2003), Machado (1989), Spangler & Perkins (1989), Spangler (1990), Sther (1990), Trémouilles *et al*. (1995), White & Brigham (1996), Archangelsky (2001) y Manzo (2005). Los especímenes se preservaron en tubos de ensayo con alcohol al 70% bajo estándares nacionales y hacen parte de la Colección Zoológica de Referencia de Macroinvertebrados Acuáticos (CZUT-Ma) del Laboratorio de Investigación en Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima (Ibagué, Colombia).

Análisis de datos

Variables biológicas, físicas y químicas. Se determinó la abundancia relativa para cada taxón por estación y por periodo de muestreo. Se tuvo en cuenta lo registrado por Machado (1989) en relación a que las variables conductividad, oxígeno disuelto y temperatura del agua son determinantes en la distribución y la abundancia de los coleópteros acuáticos; para esto se llevó a cabo una correlación (análisis de correlación de Pearson, *r*) entre estas tres variables y la abundancia relativa de cada taxón, previa verificación de los supuestos de normalidad en ambos grupos de datos. En algunos casos fue necesaria la transformación con log (x + 1). Después de verificar la correlación significativa entre las variables temperatura del agua, oxígeno disuelto, conductividad y la abundancia total de cada taxón, se realizó el análisis de regresión lineal simple correspondiente entre cada par de variables. Posteriormente se realizó un análisis de regresión lineal múltiple con 20 variables físicas y químicas y la abundancia total como variable dependiente. El IGCH (Índice General de Calidad Hídrica = *Water Quality Index*, WQI) y las variables físicas y químicas analizadas en el presente estudio, fueron adaptadas de los resultados obtenidos por Yepes (2004, datos no publicados). Adicionalmente, se tomó como referencia los registros promedio de precipitación mensual durante los años 1992-2003, suministrados por el IDEAM. Todos los análisis se realizaron con STATISTICA versión 6.0 (StatSoft 2001).

RESULTADOS

Composición faunística de coleópteros acuáticos

Se recolectó un total de 3071 organismos entre larvas y adultos, los cuales se agrupan en dos subórdenes, diez familias y 27 géneros. Los géneros *Copelatus*, *Andogyrus*, *Hexacylloepus*, *Hexanchorus*, *Neocylloepus*, *Promoresia*, *Pseudodisersus*, *Scirtes*, *Prionocyphon*, *Dryops*, *Pelonomus* y *Tetraglosa* que representan el 58% del total, se reportan por primera vez para el Tolima y, *Oulimnius* y *Gonielmis* se reportan

por primera vez para Colombia. La familia Elmidae fue el taxón de mayor riqueza con catorce géneros, de los cuales seis fueron registrados tanto en el estadio de larva como adulto (Tabla 2). Se establecieron categorías para las abundancias de los diferentes taxones así: muy abundante (mayor de 500 organismos), abundante (mayor de 100 organismos, y menor de 500), común (mayor de 20 y menor de 100), escaso (mayor de cinco y menor de 20) y se consideran taxones raros o pocos frecuentes (menor de cinco organismos) (Tabla 2).

Abundancia del orden. De las diez familias registradas, Elmidae presentó el mayor número de organismos con el 92 % (*i.e.,* nueve de cada diez coleópteros colectados en la cuenca pertenecen a esta familia), seguido por Ptylodactilidae (2 %), mientras que el menor número de organismos fue registrado para las familias Lampyridae y Dytiscidae con dos organismos cada una. La familia Elmidae, se reporta asociada a una variedad de sustratos naturales sumergidos (*e.g.,* hojarasca, raíces de plantas acuáticas, vegetación ribereña, troncos y ramas en descomposición, superficie de piedras, fondos arenosos, entre otros).

Tabla 2. Composición taxonómica y abundancia del orden Coleoptera en la cuenca del río Coello durante marzo, mayo, julio-agosto y septiembre de 2003. Letras en () indican la codificación de la abundancia; ma = muy abundante, a = abundante, c = común, e = escaso, r = raro.

Suborden	Familia	Género	No. organismos	% Abundancia*
Adephaga	Dytiscidae	*Copelatus*	2 (r)	0.06
	Gyrinidae	*Andogyrus*	24 (c)	0.78
Polyphaga	Elmidae	*Heterelmis*	2341 (ma)	76.23
		Phanocerus	46 (c)	1.49
		Lara	8 (e)	0.26
		Cylloepus	64 (c)	2.08
		Microcylloepus	209 (a)	6.81
		Hexacylloepus	29 (c)	0.94
		Hexanchorus	17 (e)	0.55
		Neocylloepus	17 (e)	0.55
		Oulimnius	19 (e)	0.62
		Gonielmis	15 (e)	0.48
		Neoelmis	9 (e)	0.29
		Promoresia	2 (r)	0.06
		Pseudodisersus	7 (e)	0.23
		Macrelmis	40 (c)	1.3
	Helodidae	*Scirtes*	1 (r)	0.03
		Prionocyphon	26 (c)	0.85
	Ptylodactilidae	*Tetraglosa*	65 (c)	2.12
	Dryopidae	*Dryops*	1 (r)	0.03
		Pelonomus	13 (e)	0.42
	Staphylinidae	*Stenus*	9 (e)	0.29
	Lampyridae	Lampyridae G1	2 (r)	0.06
	Psephenidae	*Psephenops*	54 (c)	1.76
	Hydrophilidae	*Berosus*	1 (r)	0.03
		Enochrus	40 (c)	1.3
		Tropisternus	10 (e)	0.33

* Basada en el número total de individuos colectados durante los cuatro muestreos.

Distribución espacial. La familia Elmidae presentó la distribución espacial más amplia registrándose en 27 de las 29 estaciones de muestreo cuyo rango incluye desde los 460 m en la quebrada Potrerilla, cerca de la desembocadura del río Coello hasta los 3533 m, mientras que la familia Dytiscidae sólo fue registrada en una estación de muestreo. *Heterelmis* fue el género de más amplia distribución con excepción de dos estaciones de muestreo, seguido por *Microcylloepus* y *Cylloepus* que se reportaron en quince del total de las estaciones, mientras que *Copelatus, Dryops, Berosus, Oulimnius* y *Scirtes* sólo fueron encontrados en uno de los 29 puntos de muestreo.

La estación que presentó el mayor número de organismos fue río Cocora-Pueblo (RCOP, 1275 m), mientras que los ríos Bermellón en la parte alta y Anaime parte baja, situados a 1820 y 1778 m respectivamente, registraron el menor número de organismos (Tabla 2; Fig. 2). Las estaciones río Coello en la desembocadura y río Coello en el distrito de riego de Gualanday no registraron coleópteros durante el estudio. Respecto al número de taxones, la quebrada Las Perlas fue la estación con el mayor número de familias y géneros (seis de las diez familias y catorce de los 27 géneros registrados para este estudio), mientras que la estación río Anaime en la parte baja registró el menor número con una familia y un género.

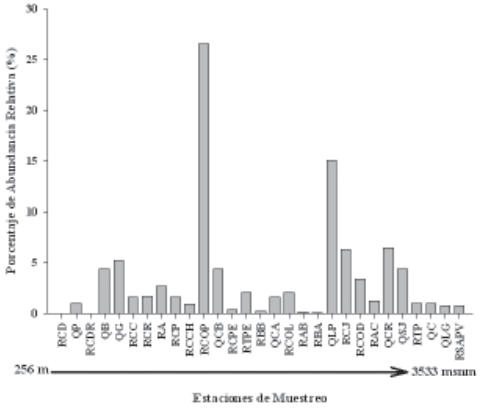

Figura 2. Distribución espacial del porcentaje de abundancia relativa de los coleópteros acuáticos en la cuenca del río Coello durante marzo, mayo, julio-agosto y septiembre de 2003. Las abreviaturas del eje-X como en Tabla 1.

Distribución temporal. El primer muestreo realizado en marzo y correspondiente a un período de sequía, registró el mayor número de organismos (46%), mientras que el segundo muestreo realizado en mayo y con predominio de lluvias presentó el menor número con 463 individuos (15%) (Tabla 3). Se observó que la mayoría de los taxones reaparecen de un muestreo a otro con una variación en su abundancia, lo cual sugiere cambios en las condiciones ambientales que incluyen condiciones físicas, químicas y aspectos ecológicos (*e.g.,* sustratos naturales, los cuales son los principales hábitats de los coleópteros acuáticos) de los cuerpos de agua.

Descripción de algunos aspectos ecológicos de los sitios de muestreo. El tramo o sección evaluada en cada quebrada o río, presentó en mayor o menor grado diferentes sustratos (*e.g.,* arena, piedras, agregados de hojas en descomposición, vegetación acuática ribereña, rocas, troncos o ramas en descomposición). Las tierras adyacentes a los ríos presentan diferentes usos del suelo que van desde bosques poco intervenidos en la parte alta (cabeceras de las subcuencas) hasta uso industrial en el sector de "Chapetón" en el río Combeima y se alternan con el uso agrícola, urbanización, zonas de recreación y zonas de potreros (Tabla 4). Esta intervención antrópica ha generado cambios en las condiciones físicas y químicas del agua y en aspectos ecológicos como la disponibilidad de hábitats que han modificado la abundancia relativa y la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos (Reinoso 1999, Guevara *et al.* 2005).

Tabla 3. Abundancia total de coleópteros acuáticos registrados temporalmente en la cuenca del río Coello. M1 = marzo, época de sequía; M2 = mayo, época de lluvia; M3 = julio-agosto, época de sequía; M4 = septiembre, época de transición a lluvia.

Familia	Género	M1	M2	M3	M4
Elmidae	*Heterelmis*	1232	339	495	275
	Phanocerus	7	5	23	11
	Lara	4	3	0	1
	Cylloepus	4	18	9	33
	Microcylloepus	72	18	26	93
	Hexacylloepus	11	0	14	4
	Macrelmis	16	17	4	3
	Neocylloepus	4	3	9	1
	Pseudodisersus	1	0	3	3
	Hexanchorus	6	0	4	7
	Promoresia	0	1	1	0
	Neoelmis	0	1	2	6
	Oulimnius	0	19	0	0
	Gonielmis	0	0	15	0
Hydrophilidae	*Tropisternus*	0	0	10	0
	Berosus	0	0	0	1
	Enochrus	7	0	29	4
Dryopidae	*Pelomonus*	0	13	0	0
	Dryops	0	0	1	0
Helodidae	*Scirtes*	0	0	1	0
	Prionocyphon	10	8	6	2
Ptylodactilidae	*Tetraglosa*	15	8	34	8
Psephenidae	*Psephenops*	9	4	21	20
Dytiscidae	*Copelatus*	0	2	0	0
Gyrinidae	*Andogyrus*	1	2	1	20
Staphylinidae	*Stenus*	3	2	3	1
Lampyridae	Lampyridae G1	0	0	2	0
	Total	1402	463	713	493
	% Abundancia	45.65	15.07	23.22	16.05

Distribución altitudinal. La franja altitudinal entre 1000 y 1500 m registró el mayor número de organismos, mientras que entre 3000 y 3500 m se presentó el número más bajo. Respecto al número de taxones, se observó que entre los 2000 y los 2500 m se registraron 16 de los 27 géneros colectados durante el estudio, mientras que de 3000 a 3500 m se encontró menor número de taxones con sólo cuatro géneros (Tabla 5).

El comportamiento general de la abundancia y la riqueza a lo largo del gradiente altitudinal se puede resumir en cuatro etapas: **a**. aumento progresivo en el número de géneros entre los 0 y 1000 m, **b**. en la franja altitudinal desde los 1000 hasta los 1500 m se presentó una disminución notable en la riqueza pero un incremento en la abundancia, **c**. posteriormente, se registró un aumento considerable en la riqueza, con su valor más alto en la franja situada entre los 2000 y 2500 m y una disminución en la abundancia, y finalmente **d**. desde los 3000 hasta los 3500 m se presentó una disminución significativa en el número de taxones (Tabla 5).

Tabla 4. Características ecológicas de los sitios de muestreo en la cuenca del río Coello. Abreviaturas: Ar = arena; Pi = piedras; Ho = agregados de hojas en descomposición; Veg rib. = vegetación acuática ribereña; Ro = rocas; To = troncos o ramas en descomposición.

Estación	Sustrato	Uso de la Tierra	Observaciones
RCD	Ar, Pi.	Agricultura	Sitio de descarga de aguas negras
QP	Ar, Pi, Ho, To.	Potreros	Aguas transparentes
RCDR	Ar, Pi.	Urbanización+agricultura	Uso del agua con fines agrícolas
QB	Ar, Pi, Ho.	Zona de recreación (Balneario)	Aguas Transparentes
QG	Ar, Pi, Ho, Veg rib.	Potreros	Aguas Transparentes
RCC	Ar, Pi, Ho.	Potreros + zona industrial	Aguas ligeramente turbias
RCR	Ar, Pi, Ho, Veg rib.	Potreros	Aguas Transparentes
RA	Ar, Pi, Ho, To.	Potreros	Aguas Transparentes
RCP	Ar, Pi.	Potreros +Agricultura	Aguas Transparentes
RCCH	Ar, Pi, Ho, Ro.	Zona industrial (fabricas de cárnicos y textiles).	Aguas Turbias y con presencia de colorantes en su superficie
RCOP	Pi, Ho, Ro.	Potreros.	Aguas Transparentes
QCB	Ar, Ho, Ro, To.	Agricultura	Lavadero de Vehículos
RCPE	Ar, Ro.	Agricultura	Zona de descarga aguas residuales y domésticas
RTPE	Ar, Pi.	Agricultura	Zona de descarga aguas residuales y domésticas
RBB	Ar, Pi.	Agricultura	Aguas Transparentes
QCA	Ar, Pi, Ho, Ro,To.	Agricultura	Aguas Transparentes
RCOL	Ar, Pi, Ho, Veg rib.	Potreros	Aguas Transparentes
RAB	Ar, Pi, Ro.	Agricultura+Potreros	Zona de extracción de material de arrastre (arena)
RBA	Ar, Pi.	Potreros	Zona de extracción de material de arrastre (arena)
QLP	Ar, Pi, Ho, Veg rib., To.	Bosque	Aguas Transparentes
RCJ	Ar, Pi, Veg rib., Ho.	Bosque	Aguas Transparentes
RCOD	Ar, Pi, Veg rib., Ho.	Agricultura + Potreros	Sitio de descarga de residuos domésticos y aguas negras
RAC	Ar, Pi.	Potreros + Agricultura	Aguas Transparentes
QCR	Ar, Pi, Ho, Ro, To.	Potreros + Agricultura	Aguas Transparentes
QSJ	Pi, Ho, Ro.	Agricultura	Aguas Transparentes
RTP	Ar, Pi, Ho.	Agricultura + Potreros	Aguas Transparentes
QC	Ar, Pi.	Agricultura.	Aguas Transparentes
QLJ	Ar, Pi, Ho, To.	Potreros	Aguas Transparentes
RSAPV	Ar, Pi, Ho, Veg rib.	Bosque con vegetación de Páramo	Aguas Transparentes

Variables físicas y químicas. La parte alta de las subcuencas de los ríos Anaime, Bermellón, Cocora y algunas quebradas entre los 1600-3533 m, y que corresponden a las estaciones QCA, RCOL, RAB, RCOD, RAC, QCR, QSJ, RTP, QC, QLG y RSAPV, presentaron niveles altos de oxígeno. El proceso de óxido-reducción de la materia orgánica tuvo gran incidencia sobre la estación río Coello en la desembocadura por su relación con eventos de contaminación orgánica (Yepes 2004, datos no publicados). De otra parte, las estaciones río Combeima-Juntas y quebrada Las Perlas se vieron afectadas por variables como conductividad, alcalinidad y dureza. Las estaciones no referidas anteriormente no mostraron una tendencia específica en los cuatro períodos de muestreo, y corresponden a estaciones con influencia individual o de un grupo de variables que se correlacionaron con diversos tipos de perturbación puntual o cambios ligados con la pluviosidad (Yepes 2004, datos no publicados).

Respecto al Índice General de Calidad Hídrica (WQI) se considera en general,

que las aguas de la cuenca del río Coello son de calidad regular para uso potable. La mejor calidad hídrica según este índice se encontró en el río Anaime en la estación situada en la Reserva Semillas de Agua (Páramo de Anaime), por lo cual es un punto prioritario de conservación. Los sectores de mayor perturbación en la cuenca de acuerdo con este parámetro son las estaciones río Combeima en Chapetón, río Coello en la desembocadura y río Coello en el distrito de riego de Gualanday, debido a las descargas de residuos industriales y de aguas domésticas en la primera, y a las descargas de aguas residuales domésticas en las otras dos estaciones (Yepes 2004, datos no publicados). No se encontró asociación entre el WQI y la abundancia total de los coleópteros acuáticos (r = 0.010, P = 0.598); sin embargo, la estación RCOP con un WQI = 53.2, considerado bajo para el estudio, registró la mayor abundancia (Fig. 3). Los valores para este índice oscilaron entre 50 y 81. Las variables físicas y químicas que mostraron asociación significativa con los taxones se muestran en la Tabla 6. Sólo el género *Prionocyphon* tuvo influencia significativa del WQI (r = 0.419, P = 0.025).

Tabla 5. Distribución altitudinal de los coleópteros en la cuenca del río Coello. Datos como número total de organismos (No.) y Porcentaje de Abundancia Relativa (%).

	Franja altitudinal (msnm)													
Taxón	0-500		500-1000		1000-1500		1500-2000		2000-2500		3000-3500		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Andogyrus	0	0.00	0	0	0	0	2	0.26	22	3.55	0	0	24	0.78
Berosus	1	0.46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cylloepus	7	3.22	18	4.72	7	0.68	22	2.92	10	1.61	0	0	64	2.08
Copelatus	0	0.00	0	0	0	0	0	0	2	0.32	0	0	2	0.32
Dryops	0	0.00	1	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Oulimnius	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	19	31.6	19	0.62
Gonielmis	2	0.92	0	0	0	0	7	0.93	6	0.97	0	0	15	0.49
Enochrus	2	0.92	38	10.23	0	0	0	0	0	0	0	0	40	1.3
Heterelmis	70	32.25	135	35.43	998	97.18	644	85.41	464	74.84	20	33.3	2341	76.22
Hexacylloepus	8	3.68	21	5.51	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0.94
Hexanchorus	0	0.00	1	0.26	1	0.1	11	1.46	1	0.16	2	3.3	17	0.55
Lara	0	0.00	0	0	2	0.19	4	0.53	2	0.32	0	0	8	0.26
Macrelmis	2	0.92	29	7.61	1	0.1	2	0.26	6	0.97	0	0	40	1.3
Microcylloepus	83	38.24	104	27.3	4	0.39	6	0.79	2	0.32	0	0	209	6.8
Neocylloepus	8	3.68	9	2.36	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0.55
Neoelmis	2	0.92	0	0	0	0	2	0.26	5	0.81	0	0	9	0.29
Pelomonus	0	0.00	0	0	0	0	13	1.72	0	0	0	0	13	0.42
Phanocerus	1	6.91	3	0.78	2	0.19	17	2.25	9	1.45	0	0	46	1.5
Lampyridae G1	0	0.00	1	0.26	0	0	1	0.13	0	0	0	0	2	0.06
Prionocyphon	0	0.00	2	0.52	0	0	0	0	15	2.42	9	15	26	0.85
Promoresia	0	0.00	0	0	0	0	2	0.26	0	0	0	0	2	0.06
Psephenops	18	8.29	11	2.88	0	0	11	1.46	14	2.26	0	0	54	1.76
Pseudodisersus	0	0.00	0	0	2	0.19	0	0	5	0.81	0	0	7	0.23
Scirtes	0	0.00	0	0	1	0.1	0	0	0	0	0	0	1	0.03
Stenus	0	0.00	2	0.52	1	0.1	0	0	6	0.97	0	0	9	0.29
Tetraglosa	0	0.00	0	0	4	0.39	11	1.46	50	8.1	0	0	65	2.12
Tropisternus	1	0.46	7	1.83	3	0.29	0	0	0	0	0	0	11	0.33

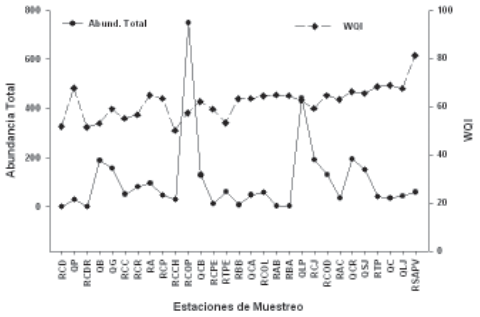

Figura 3. Distribución espacial de la abundancia total de los coleópteros acuáticos y del WQI en la cuenca del río Coello. Para el WQI se muestran los valores promedio por estación. Las abreviaturas del eje-X como en Tabla 1.

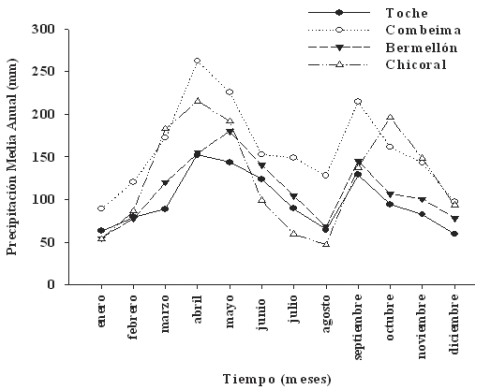

Figura 4. Precipitación atmosférica promedio de cuatro estaciones pluviométricas ubicadas en la cuenca del río Coello (1992-2003). Fuente: IDEAM (2004).

Tabla 6. Correlación entre las variables físicas y químicas y la abundancia total de taxones presentes en la cuenca del río Coello. Se muestran solamente los resultados significativos. Taxón *vs.* (Coeficiente de correlación de Pearson "*r*", $P < 0.05$).

Variable	Taxón	Correlación	Variable	Taxón	Correlación
Alcalinidad	*Berosus* sp.	(0.50, <0.05)	Oxígeno disuelto	*Oulimnius* sp.	(0.47, 0.010)
	Microcylloepus sp.	(0.47, 0.010)		*Prionocyphon* sp.	(0.55, 0.002)
	Neocylloepus sp.	(0.52, 0.004)	DBO	*Promoresia* sp.	(0.42, 0.024)
	Psephenops sp.	(0.52, 0.004)	DQO	*Promoresia* sp.	(0.40, 0.030)
Conductividad	*Berosus* sp.	(0.46, 0.013)	Nitratos	*Phanocerus* sp.	(0.43, 0.020)
	Hexacylloepus sp.	(0.39, 0.038)		*Promoresia* sp.	(0.62, <0.05)
	Microcylloepus sp.	(0.49, 0.008)	Nitritos	*Phanocerus* sp.	(0.60, 0.001)
	Neocylloepus sp.	(0.52, 0.004)	pH	*Dryops* sp.	(-0.37, 0.040)
	Psephenops sp.	(0.50, 0.006)		*Phanocerus* sp.	(-0.55, 0.002)
Dureza	*Berosus* sp.	(0.42, 0.023)	Sólidos suspendidos	*Promoresia* sp.	(0.38, 0.044)
	Hexacylloepus sp.	(0.39, 0.035)	% Sat. Oxig. Dis.	*Oulimnius* sp.	(0.53, 0.003)
	Microcylloepus sp.	(0.46, 0.011)		*Prionocyphon* sp.	(0.64, <0.05)
	Neocylloepus sp.	(0.51, 0.005)	Tº Agua	*Oulimnius* sp.	(-0.56, 0.002)
	Psephenops sp.	(0.45, 0.013)		*Prionocyphon* sp.	(-0.55, 0.002)
	Scirtes sp.	(0.41, 0.029)	Tº Aire	*Oulimnius* sp.	(-0.54, 0.002)
Fósforo total	*Hexacylloepus* sp.	(0.49, 0.007)		*Prionocyphon* sp.	(-0.47, 0.009)
	Microcylloepus sp.	(0.47, 0.011)	WQI	*Oulimnius* sp.	(0.57, 0.001)
	Neocylloepus sp.	(0.49, 0.007)		*Prionocyphon* sp.	(0.68, <0.05)
Sólidos totales	*Neocylloepus* sp.	(0.37, 0.048)			

Distribución de la precipitación atmosférica en la cuenca del río Coello. Estaciones ubicadas en diferentes sectores de la cuenca (Toche, Combeima, Bermellón y Chicoral), durante 1992 y 2003, muestran que las mayores precipitaciones promedio mensuales se presentan en el río Combeima y en Chicoral. Se observa, además, un régimen de precipitación de carácter bimodal con dos picos de lluvia en

los meses de abril-mayo y septiembre-octubre y valores máximos para los meses de abril y septiembre (Fig. 4). Durante estos meses, el promedió de las cuatro estaciones del IDEAM, fue de 196 y 156,5 mm, respectivamente.

DISCUSIÓN

La alta abundancia registrada en la familia Elmidae con respecto a las demás familias, posiblemente está asociada con aspectos de su biología, entre los que se destacan: ser organismos verdaderamente acuáticos (*i.e.,* la larva y el adulto se desarrollan bajo el agua), muy comunes en ambientes lóticos (Brown 1987, White & Brigham 1996, Manzo 2005), de hábitos sedentarios que viven adheridos a una variedad de sustratos (*e.g.,* grava, rocas, raíces de árboles, hojas en descomposición, troncos, vegetación y musgos acuáticos), y presentar un amplio rango de distribución altitudinal (210-3410 m) y espacial (Machado 1989); además, Elmidae con 315 especies es la tercera familia de coleópteros acuáticos de mayor diversidad en Sudamérica, después de Dytiscidae e Hydrophilidae con 437 y 364 especies, respectivamente (Arce-Pérez 1995). Sin embargo, estas últimas son más comunes en ecosistemas lénticos, y se distinguen por ser hábiles nadadores (Merritt & Cummins 1996). Este rasgo adaptativo, reduce la probabilidad de captura por lo métodos de recolección tradicionales, debido a su capacidad para eludirlos a través de rápidos movimientos. Esto podría explicar en gran parte la variación en la abundancia exhibida a lo largo de la cuenca. Otros aspectos de la biología, poco conocidos en el trópico como historias de vida (*i.e.,* estrategias reproductivas, época de reproducción, número de huevos por postura, etc.), el efecto de predadores, deriva y la dinámica de los eventos de dispersión pueden tener efectos sobre la abundancia y la diversidad (Ribera *et al.* 2003).

Los ditíscidos son organismos que presentan gran abundancia en ecosistemas lénticos, y además están bien adaptados a la natación (Merritt & Cummins 1996). De otra parte, los lampíridos son principalmente de hábitos terrestres, con pocas especies que han colonizado los medios acuáticos dulceacuícolas en su estadio larval (Stehr 1991). De acuerdo con Machado (1989), es muy poco lo que se conoce de la biología de este grupo en Colombia y en general, en las zonas tropicales debido a su escaso registro durante las recolecciones y a la falta de claves taxonómicas específicas.

Distribución espacial. El amplio rango de distribución espacial de la familia Elmidae en la cuenca del río Coello está asociado con la capacidad de colonización de diferentes hábitats de este grupo, la cual incluye ambientes desde los 460 m cerca a la desembocadura en el río Magdalena con predominio de fondos arenosos y escasa vegetación ribereña, hasta los 3533 en el nacimiento del río Anaime, considerada una zona prístina. Esto sugiere que este grupo es tolerante a cambios significativos en las condiciones físicas (*e.g.,* profundidad, velocidad de la corriente, temperatura del agua, amplitud del cauce), químicas (*e.g.,* oxígeno disuelto, pH, DQO, entre otros) y características ecológicas (*e.g.,* cantidad y tipo de sustratos naturales disponibles) registradas a lo largo de la cuenca, las cuales varían debido al gradiente altitudinal y a la naturaleza geomorfológica diferente de las estaciones de muestreo evaluadas longitudinalmente. Este nivel de tolerancia le permite adaptarse a las diferentes condiciones ambientales presentes en la cuenca. Entre estas adaptaciones morfológicas se encuentra el desarrollo de un sistema de respiración por agallas terminales en las larvas (las cuales son retráctiles y pueden ser rítmicamente expandidas y contraídas para incrementar la ventilación cuando los niveles de oxígeno son bajos), plastrón altamente eficiente de los adultos (Merritt & Cummins 1996), forma corporal elongada, vientre aplanado, patas largas y presencia de uñas tarsales agudas y

grandes (Spangler & Santiago-Fragoso 1992). El estrecho rango de distribución espacial de la familia Dytiscidae en la cuenca puede estar asociado en gran parte a que son organismos que habitan principalmente ecosistemas acuáticos lénticos: como lagunas, estanques, charcas temporales y presas (Machado 1989, White & Brigham 1996) y a que casi la totalidad de sus especies son hábiles nadadores (Machado 1989). Este último aspecto reduce notablemente su probabilidad de captura con los métodos de muestreo empleados.

De otra parte, la variación tanto en la abundancia y la riqueza taxonómica de Coleoptera como en las características físicas y químicas registradas a nivel espacial, está asociada con las diferencias en las características ecológicas de los sitios muestreados que incluyó estaciones en alta, media y baja montaña, así como quebradas a diferentes altitudes. Adicionalmente, existen otras diferencias entre las condiciones ambientales de la parte alta con respecto a las zonas medias y bajas en relación con el efecto de la intervención antrópica (*e.g.,* descargas de aguas residuales y domésticas, vertimiento de residuos industriales y de autos, extracción constante de material de arrastre del río, entre otras), de las características hidromorfológicas de cada estación y del transporte y la acumulación de sustancias a lo largo del trayecto (Guevara *et al.* 2005). Se plantea además, que la subcuenca del río Anaime en la parte alta (RSAPV) es un sitio prioritario para la conservación, por ser un ambiente prístino, poseer características de páramo, y registrar taxones propios como es el caso *Oulimnius,* Gripopterygidae (Plecoptera, Barreto *et al*. 2005) y un morfotipo de Hydrobiosidae (*Atopsyche* sp. 2, Guevara *et al*. 2005).

El género *Gonielmis* ha sido reportado para la región Neártica (Kodada & Jäch 2005) y Neotropical (Brasil, Passos *et al.* 2003, Silveira *et al.* 2006). Passos *et al.* (2003), recolectaron larvas principalmente asociadas con piedras (62.5%) y acumulaciones de hojarasca (37.5%). Sin embargo, el género se ha relacionado con raíces y restos vegetales en arroyos arenosos. Son muy tolerantes al enriquecimiento de materia orgánica, turbidez y sedimentación, pero sensibles a efluentes de fábricas de papel (Brown 1972). Silveira *et al.* (2006) lo reportan como un género exclusivo de piedras. En la cuenca del río Coello se registraron 15 ejemplares entre los 479 a los 2073m. Se recolectaron en el período correspondiente a transición a sequía, asociados con una variedad de sustratos naturales sumergidos, tales como: piedras, hojas y troncos en descomposición, superficie radicular y foliar de plantas acuáticas ribereñas, fondos arenosos, entre otros.

Del género *Oulimnius* se recolectaron 19 organismos en una sola estación a los 3553m, en sustratos variados como piedras, hojas y troncos en descomposición, superficie radicular y foliar de plantas acuáticas ribereñas.

Corkum (1992) plantea la hipótesis de dependencia de bioma para la distribución espacial de macroinvertebrados en ríos, la cual establece que ensambles similares de macroinvertebrados sólo ocurren dentro y entre ríos sí éstos comparten biomas similares, y donde la vegetación ribereña, influye en la calidad del agua y la biota del río. Este argumento permite suponer que la abundancia y la diversidad de coleópteros acuáticos registrada a nivel espacial en la cuenca del río Coello podría estar asociada principalmente con características ecológicas como la velocidad de la corriente, la oferta de hábitat y los eventos de dispersión en la mayoría de las estaciones y, en menor medida, a las variables físicas y químicas del agua. Ribera *et al*. (2003) mostraron que las diferencias significativas en los patrones de riqueza de especies de coleópteros acuáticos a través de Europa, dependen del tipo de hábitat característico de las especies.

El bajo número de taxones con gran abundancia registrados en la estación río Cocora-Pueblo a 1250 m, está posiblemente asociada a un efecto de deriva, debido a que no se encontró una influencia directa de la calidad del agua sobre la abundancia de éstos organismos (Tabla 6), sin embargo, se observó una alta variedad de sustratos naturales disponibles en la ribera y una rápida velocidad de la corriente, que aumenta las concentraciones de oxígeno disuelto. Según Schultheis (2000), la deriva en ecosistemas acuáticos es un mecanismo de dispersión que consiste en el arrastre de larvas principalmente desde sitios de mayor altura hacia diferentes lugares aguas abajo por acción de la corriente del río. Las estaciones río Anaime en la parte baja y río Bermellón en la parte alta se caracterizaron por presentar una calidad de agua aceptable, según el índice de calidad hídrica, poca variedad de sustratos naturales (los cuales están restringidos en estos sitios a piedras y fondos arenosos) y rápida velocidad de la corriente.

Las estaciones río Coello- Desembocadura y río Coello-Gualanday no registraron coleópteros, lo que está asociado con la escasez de sustratos naturales disponibles, bajos valores de oxígeno disuelto (promedio anual de 5,3 mg O_2L^{-1}) y a la alta intervención antrópica generada por las descargas de materia orgánica procedente de los asentamientos humanos aledaños de las poblaciones de "Gualanday" y el municipio de Coello, aspectos corroborados por los bajos valores obtenidos para el WQI (Yepes 2004, datos no publicados). Según Machado (1989), valores extremos de oxígeno disuelto constituyen uno de los parámetros químicos más críticos en la diversidad de los coleópteros. Situación contraria fue observada en la quebrada Las Perlas, en la que se registró buena calidad hídrica, asociada con una baja intervención antrópica y a una alta heterogeneidad de sustratos, lo que permitió una gran abundancia (14%, Fig. 2).

La vegetación acuática es el sustrato preferido por los coleópteros tanto en ecosistemas lóticos como lénticos, debido a que proporciona refugio, alimento, sitio para el encuentro de los sexos, sustratos para la ovoposición u otros, de manera que constituye un recurso muy importante para muchas especies acuáticas (Arce-Pérez & Novelo-Gutiérrez 1990, Sánchez-Fernández *et al*. 2004). De acuerdo con lo anterior, la alta riqueza observada en la quebrada Las Perlas puede ser el resultado del efecto combinado de estos cuatro factores, en especial de la vegetación acuática ribereña (Tabla 4).

Distribución temporal. Los registros más bajos de organismos se presentaron en épocas de mayor precipitación (mayo y septiembre), según los registros promedio mensuales (Fig. 4). Esta condición ambiental, está relacionada con la baja abundancia de coleópteros acuáticos, debido a que las lluvias traen consigo un aumento de caudal, lo que hace que la corriente del río se torne bastante fuerte durante este período y se presente el arrastre directo (*drifting*) de los organismos y del sustrato que los aloja. El efecto de las precipitaciones altas en la distribución y la abundancia de los coleópteros acuáticos ha sido registrado previamente por Sierra (1999) en su estudio sobre el establecimiento de patrones de distribución de algunos insectos acuáticos en el río Teusacá (Bogotá, Colombia).

Del mismo modo, otros factores derivados del régimen de lluvias como el registro de variación temporal significativa en varios parámetros físicos y químicos del agua (*e.g.,* DQO, pH, fosfatos, nitritos y dureza) y el posible uso de mecanismos de dispersión activos (vuelo), como una forma colonizar hábitats más apropiados para su establecimiento y desarrollo, influyen en la distribución y la abundancia de los coleópteros acuáticos de la cuenca del río Coello. La mayor abundancia de coleópteros

registrada en el primer muestreo, está relacionada a que marzo correspondió a un período de transición a lluvias (Fig. 4). Esta época se caracterizó por el inicio del período de lluvias, lo cual implica un leve aumento en el caudal comparado con lo que ocurre durante el período de lluvias altas (mayo), lo que le confiere inestabilidad a los diferentes sustratos naturales sumergidos.

Distribución altitudinal. Se encontraron taxones de rango altitudinal amplio, intermedio y estrecho, lo que muestra el efecto significativo de la altura (en la que se combinan temperatura y disponibilidad de oxígeno) en la distribución de los coleópteros. Dentro de los organismos de amplia distribución se encuentran los géneros *Heterelmis*, *Hexanchorus* y *Microcylloepus* (Elmidae), y también *Prionocyphon* (Helodidae). En los de rango intermedio se destacan *Cylloepus*, *Phanocerus*, *Psephenops* y *Tetraglosa*. Finalmente, en los de rango estrecho se ubican un número abundante de géneros (once de los 27 registrados), entre los que se encuentran *Andogyrus*, *Berosus*, *Tropisternus*, *Promoresia*, *Copelatus* y *Pseudodisersus* (Tabla 4).

Relación entre parámetros físicos, químicos y biológicos. El análisis de regresión lineal simple entre la abundancia de coleópteros acuáticos y las variables oxígeno disuelto, conductividad y temperatura del agua, no mostró algún tipo de relación lineal directa con la abundancia, lo cual sugiere que estas variables por sí solas no tienen gran influencia en la densidad de los coleópteros acuáticos, aunque se muestra evidencia de asociación significativa entre el WQI y el género *Prionocyphon* (Tabla 6). Del mismo modo, la regresión lineal múltiple no mostró efecto lineal significativo entre las variables evaluadas. Esto sugiere que la abundancia de coleópteros acuáticos es el resultado de la interacción entre factores físicos, químicos, ecológicos y biológicos y no de su efecto individual.

CONCLUSIONES

En la cuenca del río Coello, tanto la distribución como la abundancia de los coleópteros acuáticos están más influenciadas por aspectos ecológicos como la disponibilidad de diversos hábitats (principalmente vegetación acuática ribereña, troncos y hojas en descomposición), el uso del suelo y la velocidad de corriente, que por las variaciones individuales en los parámetros físicos y químicos del agua.

Las épocas de precipitación alta (mayo) mostraron un efecto significativo en la distribución y la diversidad de los coleópteros acuáticos, ya que éstas originan una disminución en el número de organismos debido al arrastre directo e indirecto de éstos por acción de las corrientes fuertes como resultado del aumento de caudal registrado durante este período.

La familia Elmidae registró la distribución espacial y temporal más amplia en la cuenca, la cual estuvo asociada con diferentes características como el amplio rango de distribución altitudinal, la capacidad de tolerar cambios en las condiciones físicas, químicas y ecológicas del río, la naturaleza propia de los ecosistemas lóticos evaluados, las adaptaciones morfológicas y fisiológicas a estos ambientes, su alta diversidad y a la capacidad que tienen estos organismos para colonizar diferentes tipos de sustratos naturales disponibles en un sitio en un momento dado, a pesar de la capacidad de movilización de algunos géneros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo técnico y financiero de la Universidad del Tolima y de la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA). Expresamos nuestra gratitud a José Andrés Posada (Universidad de Antioquia) por su asesoría en varias de las determinaciones taxonómicas y por su

colaboración con material bibliográfico. El aporte de bibliografía por parte del grupo de investigación que lidera Gabriel Roldán en la Universidad Católica de Oriente fue muy valioso para la realización de este trabajo. Agradecemos de manera especial al Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima por su colaboración tanto en la fase de campo como de laboratorio. GGC, agradece a la Universidad Austral de Chile por la beca de Doctorado MECESUP (UCO0214). Finalmente, agradecemos al comité editorial y a dos revisores anónimos por las sugerencias que enriquecieron bastante la versión previa del manuscrito.

LITERATURA CITADA

Arce-Pérez, R. & R. Novelo-Gutiérrez. 1990. Contribución al conocimiento de los coleópteros acuáticos del río Amacuzac, Morelos, México. Folia Entomológica Mexicana 78: 29-47.

Arce-Pérez, R. 1995. Lista preliminar de los coleópteros acuáticos del estado de Morelos, México. Acta Zoológica Mexicana 65: 43-53.

Archangelsky, M. 2001. Coleoptera. Págs. 131-153 en: H. R. Fernández & E. Domínguez (eds), *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*, Editorial Universitaria de Tucumán, Tucumán.

Barreto, G., G. Reinoso-Flórez, G. Guevara-Cardona & F. Villa-Navarro. 2005. Primer Registro de Gripopterygidae (Insecta: Plecoptera) para Colombia. Caldasia 27: 243-246.

Beutel, R.G. & H. Pohl. 2006. Endopterygote systematic- where do we stand and what is the goal (Hexapoda, Arthropoda)? Systematic Entomology 31: 202-219.

Brown, H. P. 1972. *Aquatic dryopoid beetles (Coleoptera) of United States. Biota of Freshwater Ecosystems*. Identification Manual Number 6. U. S. Enviromental Protection, Ohio. 82 pp.

Brown, H. P. 1987. Biology of riffle beetles. Annual Review of Entomology 32: 253-273.

Carrillo, D. 2002. *Aspectos bioecológicos de los macroinvertebrados en el embalse de Hidroprado, departamento del Tolima*. Trabajo de grado (Biólogo). Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Ibagué.

Corkum, L. D. 1992. Spatial patterns of macroinvertebrates along rivers within and among biomes. Hydrobiologia 239: 101-114.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA. 1998. *Plan de Gestión Ambiental para el departamento del Tolima*. CORTOLIMA, Ibagué.

Guevara-Cardona, G., G. Reinoso-Flórez & F. Villa-Navarro. 2005. Estudio del orden Trichoptera en su estado larval en la cuenca del río Coello departamento del Tolima. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas 17: 59-70.

Jerez, V. & J., Moroni. 2006. Diversidad de coleópteros acuáticos en Chile. Gayana 70: 72-81.

Kodada, J. & Jäch, M. A. 2005. Elmidae (Curtis, 1830), pp. 471-496. In: Beutel, R.G. & Leschen, R.A.B. (eds.), *Handbook of Zoology*, *Coleoptera, Beetles, Vol. 1*: *Morphology and Systematics (Archostemata, Adephaga, Myxophaga, Polyphaga partim)*. Walter de Gruyter. Berlín, Nueva York.

Londoño, A., M.A. Nieto, J.L. Toro, J.F. Gómez, J.J. Arias & I.T. Morales. 2001. Evaluación de la calidad ambiental del río Roble en el departamento del Quindío. Revista de Investigaciones 10: 18-28.

Machado, T. 1989. *Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia*. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Medellín.

Manzo, V. 2005. Key to the South American genera of Elmidae (Insecta: Coleoptera) with

distributional data. Studies on Neotropical Fauna and Environment 40: 201-208.

Margalef, R. 1983. *Limnología*. Omega, Barcelona.

Martínez, G. L. & M. G. Useche. 1994. *Contribución al conocimiento de los Hydrophilidae semiacuáticos del centro forestal Bajo Calima, Buenaventura Valle*. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Agronómica, Ibagué.

McCafferty, W.P. 1981. *Aquatic Entomology: The Fisherman's Ecologists Illustrated Guide to Insects and Their Relatives*. Jones & Bartlett Publishers, Boston.

Merritt, R.W. & K.W. Cummins. 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa.

Miserendino, M.L. & M. Archangelsky. 2006. Aquatic Coleoptera distribution and environmental relationships in a Large Patagonian river. International Review of Hydrobiology 91: 423-437.

Nedham J.G. & P.R. Needham. 1982. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Barcelona, España: Reverté S.A.

Passos, M.I.S., J.L. Nessimian & L.F.M. Dorvillé. 2003. Life strategies in an elmid (Insecta: Coleoptera: Elmidae) community from a first order stream in the Atlantic Forest, Southeastern Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia 15: 29-36.

Ramírez, J.J. & G. Roldán. 1989. Contribución al conocimiento de algunos organismos bénticos de la región del Urabá antioqueño. Actualidades Biológicas 18: 113-121.

Reinoso, G. 1999. Estudio de la fauna béntica del río Combeima. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas 11: 35-44.

Ribera, I., J.E. Hogan & A.P. Vogler. 2002. Phylogeny of hydradephagan water beetles inferred from 18S rRNA sequences. Molecular Phylogenetics and Evolution 23: 43-62.

Ribera, I., G.N. Foster & A.P. Vogler. 2003. Does habitat use explain large scale species richness patterns of aquatic beetles in Europe? Ecography 26: 145-152.

Richoux, P. 1994. Theoretical habitat templets, species traits, and species richness: aquatic Coleoptera in the Upper Rhône River and its floodplain. Freshwater Biology 31: 377-395.

Rincón, M. E. 2002. Comunidad de insectos acuáticos de la quebrada Mamarramos (Boyacá, Colombia). Revista Colombiana de Entomología 28: 101-108.

Roldán, G. 1988. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Editorial Presencia, Bogotá.

Roldán, G. 1992. *Fundamentos de limnología Neotropical*. Universidad de Antioquía, Medellín.

Roldán, G. 2003. *Bioindicación de la calidad de agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Universidad de Antioquia, Medellín.

Sánchez-Fernández, D., P. Abellán, J. Velasco & A. Millán. 2004. Vulnerabilidad de los coleópteros acuáticos de la Región de Murcia. Ecosistemas 13: 54-62. Disponible en: http//www.aeet.org/ecosistemas/041/investigacion1.htm. (14 mayo 2005).

Schultheis, A. L. 2000. *Gene flow and dispersal among populations of the stonefly* Peltoperla tarteri *(Plecoptera: Peltoperlidae) in the southern Appalachians*. Blacksburg, Virginia. 72 p. Doctoral thesis in Biology. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.

Sierra, G. H. 1999. *Establecimiento de patrones de distribución de algunos insectos acuáticos, con énfasis en los Quironómidos (Díptera), en el río Teusacá*. Bogotá. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Programa de Biología, Bogotá, D.C.

Silveira, M.P., D.F. Buss, J.L. Nessimian & D.F. Baptista. 2006. Spatial and temporal distribution of benthic macroinvertebrates

in a Southeastern Brazilian river. Brazilian Journal of Biology 66: 623-632.

Spangler, P. J. & S. Santiago-Fragoso. 1987. A revision of the Neotropical aquatic beetle genera *Disersus, Pseudodisersus*, and *Potamophilops* (Coleoptera: Elmidae). Smithsonian Contribution to Zoology 446: 1-39.

Spangler, P. J. & P. D. Perkins. 1989. Revision of the Neotropical aquatic beetle genus *Stenhelmoides* (Coleoptera: Elmidae). Smithsonian Contribution to Zoology 479: 1-63.

Spangler, P. J. & S. Santiago-Fragoso. 1992. The Aquatic Beetle Subfamily Larainae (Coleoptera: Elmidae) in México, Central America, and the West Indies. Smithsonian Contribution to Zoology 528: 1-73.

Spangler, P. J. 1990. A revision of the Neotropical aquatic beetle: genus *Stegoelmis* (Coleoptera: Elmidae). Smithsonian Contribution to Zoology 502: 1-51.

StatSoft, Inc. 2001. STATISTICA (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.

Stehr, F.W. 1991. Immature Insects. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt, Vol. 2, 975 pp.

Trémouilles, E.R., A. Oliva & A.O. Bachmann. 1995. Insecta Coleoptera. Págs. 1133-1197 en: E. C. Lopretto & G. Tell (dir.), *Ecosistemas de aguas continentales. Metodologías para su estudio*, Tomo III. Ediciones Sur, La Plata, Argentina.

Villa-Navarro, F. A., G. Reinoso, M.E. Bernal & S. Losada. 2003. *Biodiversidad Faunística de la cuenca del río Coello-Biodiversidad Regional Fase I*. Informe Final. Universidad del Tolima, Ibagué.

White, D.S. & W.U. Brigham. 1996. Aquatic Coleoptera. Págs. 399-473 en: Merritt, R.W. & K.W. Cummins (eds.), *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa.

Yepes, S. 2004. *Caracterización fisicoquímica y bacteriológica en la cuenca del río Coello, Tolima*. Trabajo de grado. (Biólogo). Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias. Programa de Biología, Ibagué.

Zamora, H. 2000. Análisis biogeográfico de los macroinvertebrados acuáticos epicontinentales (MAE) en el departamento del Cauca, Popayán. Unicauca Ciencia 5: 11-30.

Recibido: 13/06/2006
Aceptado: 23/05/2007